

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
ASAM NITRAT DARI NATRIUM NITRAT DAN ASAM
SULFAT**

KAPASITAS 70.000 TON / TAHUN

EXECUTIVE SUMMARY



Oleh :

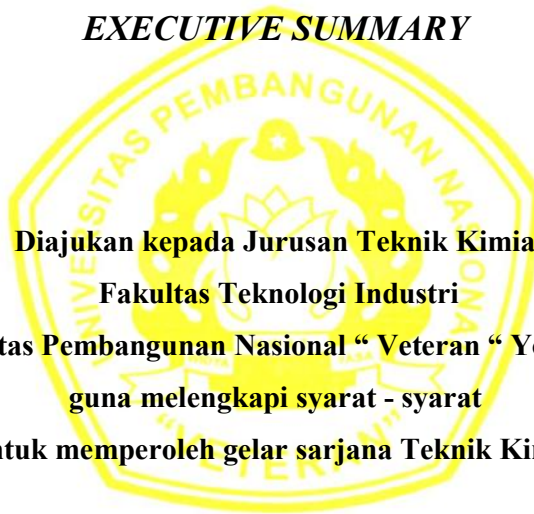
JAMES FREDRIK TURANGAN 121 090 196

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN ”
YOGYAKARTA**

2011

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
ASAM NITRAT DARI NATRIUM NITRAT DAN ASAM
SULFAT
KAPASITAS 70.000 TON / TAHUN**

EXECUTIVE SUMMARY



**Diajukan kepada Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran “ Yogyakarta
guna melengkapi syarat - syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia**

Oleh :

JAMES FREDRIK TURANGAN 121 090 196

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN ”
YOGYAKARTA
2011**

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
ASAM NITRAT DARI NATRIUM NITRAT DAN ASAM
SULFAT
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN**

EXECUTIVE SUMMARY

Disusun oleh :

JAMES FREDRIK TURANGAN 121 090 196

Yogyakarta, September 2011

Disetujui untuk Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Sri Sudarmi, MSc

Ir. Zubaidi achmad, MT

PRAKATA

Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas yang diwajibkan bagi setiap mahasiswa sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta. Dalam hal ini penyusun mendapat tugas “Prarancangan Pabrik Asam Nitrat dari Natrium Nitrat dan Asam Sulfat” dengan kapasitas 70.000 ton/tahun. Penyelesaian tugas ini didasarkan atas hasil studi pustaka yang tersedia dan beberapa sumber seperti jurnal, data paten, materi akademik dan sebagainya.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Sri Sudarmi, MSc, selaku dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama pengerjaan TA-II.
2. Ir.Zubaidi Achmad, MT., selaku dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama pengerjaan TA-II.
3. Y. Deddy. Hermawan ST. MT. DR.Eng, selaku Dosen wali atas bimbingan dan dorongan moral yang telah diberikan selama masa studi
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan moral dalam penyelesaian TA-II.

Tulisan ini disusun agar dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya dan khususnya dapat memperkaya khasanah tentang proses industri bagi pembaca.

Yogyakarta, Septamber 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| PRAKATA | 1 |
| DAFTAR ISI | 2 |
| DAFTAR TABEL | 3 |
| INTISARI | 4 |
| BAB I. PENDAHULUAN | 5 |
| BAB II. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK | 16 |
| BAB III. URAIAN PROSES | 20 |
| BAB IV. NERACA MASSA DAN ENERGI | 24 |
| BAB V. UTILITAS | 28 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|----------------------------------|---------|
| Tabel 1. Data Impor Asam Nitrat | 10 |
| Tabel 2. Neraca Massa Reaktor | 24 |
| Tabel 3. Neraca Massa Condensor | 24 |
| Tabel 4. Neraca Massa Sparator | 25 |
| Tabel 5. Neraca Massa Absorber | 25 |
| Tabel 6. Neraca Energi Reaktor | 26 |
| Tabel 7. Neraca Energi Condensor | 26 |
| Tabel 8. Neraca Energi Spatator | 26 |
| Tabel 9. Neraca Energi Absorber | 27 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-----------|--------------------------------|----|
| Gambar 1. | Proyeksi Kebutuhan asam nitrat | 11 |
| Gambar 2. | Diagram Alir Kualitatif | 22 |
| Gambar 3. | Diagram Alir Kuantitatif | 23 |

INTISARI

Asam nitrat dapat dipakai untuk memproduksi amonium nitrat sebagai bahan baku peledak, pembuatan bahan organik sintesis seperti zat warna, obat-obatan, digunakan dalam proses pemurnian logam. Sebagai contoh platina, emas dan perak proses, desain barang-barang berbahan tembaga, perunggu dan kuningan, digunakan pula untuk menghilangkan atau membersihkan peralatan proses dan sebagainya. Pabrik asam nitrat ini dirancang dengan kapasitas 70.000 ton/tahun. direncanakan berdiri dikawasan industri Gresik Jawa Timur, dimana Utilitas yang dibutuhkan berupa air dapat diambil dari sungai Brantas dan energi listrik untuk penerangan dan proses diambil dari PLN maupun generator yang disediakan.

Proses pembuatan asam nitrat dapat dengan cara mereaksikan Natrium Nitrat dengan asam sulfat dalam reaktor tangki berpengaduk pada suhu 150°C , tekanan 1 atm, hasil samping berupa neither cake. Gas yang dihasilkan diembunkan dan didinginkan dalam kondensor dan kemudian dipisahkan dengan separator. Cairan ini merupakan asam nitrat hasil gas-gas yang tidak bisa mengembun diserap dengan H_2O dalam absorber menjadi asam nitrat. Dari proses tersebut menghasilkan HNO_3 68% sebanyak 70.000 ton/thn dibutuhkan NaNO_3 sebanyak 9348,1261 kg, H_2SO_4 10777,8395 kg. Hasil samping berupa neither cake sebanyak 13498,287 kg

Utilitas yang dibutuhkan berupa steam dan air pendingin. Dimana air didapatkan dari sungai Brantas. Bahan bakar, listrik untuk penerangan maupun proses pengadaannya melalui PLN maupun generator.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi menuntut manusia untuk dapat memenuhi kebutuhan hidupnya dengan cara yang mudah, cepat dan murah. Sebagai masyarakat dan negara yang sedang berkembang, Indonesia menuju era industrialisasi. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara mandiri, perlu pengembangan sektor industri, khususnya industri kimia dasar, setengah jadi (intermediate) dan bahan jadi. Salah satu industri tersebut adalah industri Asam Nitrat.

Asam Nitrat merupakan bahan kimia dasar yang banyak di pakai dalam industri : Amonium Nitrat, bahan peledak, pembuatan bahan organik sintesis, seperti zat warna, obat-obatan, cellulosa nitrat dan sebagainya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut di atas maka, Indonesia selain sudah memproduksi sendiri juga mengimpor dari luar negeri. Melihat hal tersebut maka kebutuhan Asam Nitrat dalam negeri semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Dilihat dari fungsi atau kegunaannya yang beragam, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan atau kegunaannya yang beragam, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan akan Asam Nitrat akan semakin meningkat, sehingga pendirian pabrik Asam Nitrat merupakan alternatif yang baik, selain

untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri juga dapat membuka lapangan kerja baru dan dapat meningkatkan devisa negara.

B. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi. Pabrik Asam Nitrat ini direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku Asam Nitrat adalah Natrium Nitrat dan Asam Sulfat. Bahan baku Asam Sulfat didapat dari Petrokimia Gresik dan Natrium nitrat diimport dari Chile.

2. Penyediaan bahan bakar dan energi

Daerah Gresik, Jawa Timur merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar untuk generator dapat dengan mudah terpenuhi, sedangkan listrik untuk keperluan proses dan perkantoran disediakan dari PLN setempat.

3. Sarana Transportasi

Gresik merupakan kawasan industri di Indonesia. Dengan letaknya yang strategis, maka dapat digunakan sebagai tempat untuk menerima import bahan baku dari luar negeri. Telah tersedia jalan raya dan jalan tol sehingga

pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

4. Penyediaan Utilitas

Di dekat Gresik terdapat Sungai Brantas yang dekat dengan lokasi industri. Energi listrik merupakan kebutuhan vital bagi sebuah industri. Energi listrik pada pabrik ini disediakan oleh PLN.

5. Tersedianya Tenaga Kerja

Untuk tenaga kerja berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia, sedangkan untuk tenaga kerja operator kebawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

6. Kebijakan Pemerintah

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kebijakan pengembangan industri dan hubungan dengan pemerataan kerja serta hasil-hasilnya pembangunan. Gresik merupakan daerah yang telah disiapkan untuk kawasan industri di Jawa Timur, sehingga sudah sesuai dengan kebijakan Pemerintah.

7. Lingkungan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga akan memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik, dimana daerah Gresik merupakan salah satu daerah kawasan Industri di Indonesia.

8. Ketersediaan Lahan

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik mendatang. Gresik merupakan daerah luas, dengan potensi pengembangan industri yang potensial di masa yang akan datang.

Dengan memperhatikan pertimbangan- pertimbangan di atas bahwa pendirian pabrik di Gresik, Jawa Timur sudah sesuai.

C. Pemilihan Kapasitas Pabrik

Untuk menentukan kapasitas produksi, ada beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

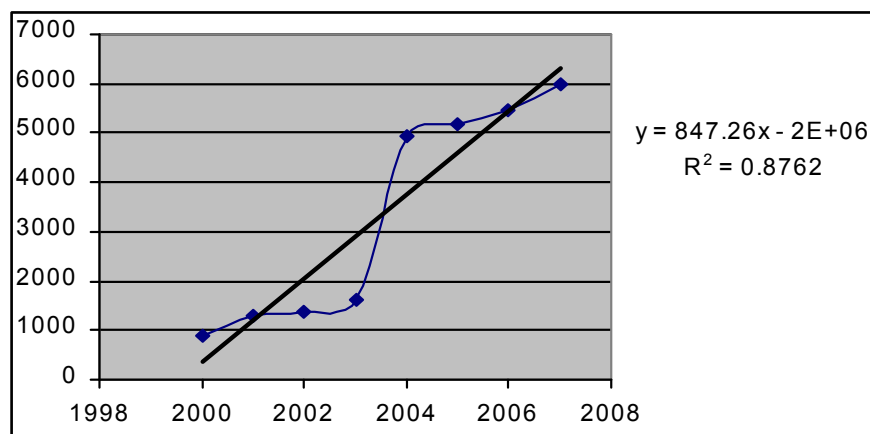
Data statistic dari BPS pada “Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia”, kebutuhan Asam Nitrat dari tahun 2000 - 2007 cenderung meningkat, maka diproyeksikan kebutuhan untuk tahun mendatang mengalami peningkatan.

Tabel 1. Data Impor Asam Nitrat

| No. | Tahun | Kapasitas (Ton/ th) |
|-----|-------|---------------------|
| 1. | 2000 | 900,185 |
| 2. | 2001 | 1.311,487 |
| 3. | 2002 | 1.383,123 |
| 4. | 2003 | 1.609,727 |
| 5. | 2004 | 4.932,909 |
| 6. | 2005 | 5.194,213 |
| 7 | 2006 | 5.450,380 |
| 8 | 2007 | 6.002,850 |

Dari tabel diatas dengan cara ekstrapolasi maka dapat memperkirakan kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia pada tahun 2018, yaitu 70.000 ton /tahun. Kemudian dari tabel dan hasil ekstrapolasi dapat dibuat grafik untuk memperkirakan kebutuhan akan Asam Nitrat di Indonesia pada tahun-tahun mendatang.

Gambar 1. Proyeksi Kebutuhan Asam Nitrat



2. Kapasitas minimal

Dari data yang ada pabrik Asam Nitrat yang sudah di Indonesia adalah PT.Nitrokimia Industri dengan kapasitas produksi 3100 ton/ tahun. Sedangkan pabrik Asam Nitrat di luar negri sudah ada di Dow, Freeport, Texas dengan kapasitas produksi adalah 70.000 ton/tahun yaitu Vulcan Dengan memperhatikan ketiga hal diatas, maka dalam perancangan ini dipilih kapasitas 70.000 ton/tahun dengan pertimbangan :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang mengalami kenaikan

2. Dapat memacu berdirinya industri – industri lain yang menggunakan asam nitrat sebagai bahan baku.
3. Bila memungkinkan dapat diekspor keluar negeri.

C. Tinjauan Pustaka

Asam Nitrat merupakan cairan yang tidak berwarna, sangat korosif mempunyai rumus kimia HNO_3 . Nama lain dari Asam Nitrat adalah Aqua Fortis, Re Fuming

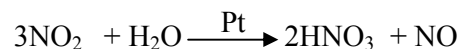
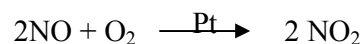
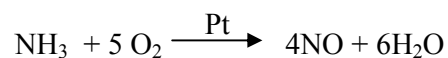
(<http://www.npi.gov.au/database/substance-info/profiles/65.html>)

Asam Nitrat dapat di buat dengan beberapa proses antara lain :

1. Proses Oksidasi

Proses Oksidasi pembuatan Asam Nitrat menggunakan bahan baku Amonia (NH_3)

Reaksi :



Proses :

Udara dikompresikan menjadi 6,8 atm, disaring dan di panaskan menjadi 300°C . Amonia diuapkan dalam penguap steam dan selanjutnya di campurkan dengan udara yang sudah dikompresi. Campuran antara udara dan Amonia dimasukan ke dalam reaktor yang berisi katalisator Platina 2-

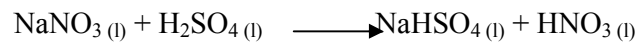
10%. Pada reaksi ini konversi reaksi bahan untuk menjadi produk adalah 93 – 95%. Dari reaktor akan dihasilkan Nitric Okside (NO). Hasil Nitric Okside kemudian direaksikan dengan oksigen supaya terbentuk Asam Nitrat yang konsentrasinya 65%. Untuk memekatkan hasil, gas NO₂ diserap dengan menggunakan H₂SO₄ dalam absorber. Hasil akhir penyerapan berupa Asam Nitrat dengan kadar 95%.

(Kirk Othmer)

2. Proses Retort

Pada proses ini digunakan bahan dasar Natrium Nitrat dan Asam Sulfat

Reaksi :



Proses :

Bahan baku Natrium Nitrat dan Asam Sulfat masuk reaktor tangki berpengaduk. Reaktor dipanaskan secara isothermal pada suhu 150°C selama 10 jam. Konversi pembentukan asam Nitrat adalah 97%. Selama waktu itu NO₂ dan air akan teruapkan. Uap Asam Nitrat dilewatkan di kondensor parsial, kemudian dipisahkan antara gas dan cairannya dalam separator. Cairan Asam Nitrat didinginkan dengan menggunakan Cooler dan selanjutnya disimpan sebagai hasil Asam Nitrat. Konsentrasi hasil adalah sebesar 90%. Gas yang tidak terembunkan diserap dengan menggunakan air pada absorber. Hasil bawah menghasilkan kadar Asam Nitrat 43%. Hasil samping reaktor berupa campuran "either cake". Bahan

ini dapat di jual pada industri baja dan dapat juga di pakai sebagai bahan baku Asam Klorida bila di reaksikan dengan garam NaCl.

(Kirk Othmer).

| Parameter | Proses Oksidasi | Proses Retort |
|-------------------|-----------------|--------------------|
| Suhu operasi (°C) | 300 | 150 |
| Tekanan (atm) | 6,8 | 1 |
| Konversi | 95% | 97% |
| Reaktor | Fixed Bed | Tangki berpengaduk |
| Katalis | Platina | - |
| Kemurnian hasil | 95% | 98% |
| Fasa | Gas | Cair |

Berdasarkan uraian beberapa macam proses pembuatan Asam Nitrat tersebut, maka dipilih Proses Retort dalam pembuatan Asam nitrat dari Natrium Nitrat dan asam Sulfat dengan pertimbangan :

1. Proses ini menghasilkan konversi reaksi yang lebih tinggi tinggi.
2. Kondisi operasi mudah dicapai karena hanya memerlukan suhu dan tekanan yang rendah
3. Produk yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang lebih tinggi.

BAB II

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

A. SPESIFIKASI BAHAN BAKU

1 . Natrium nitrat

| | |
|-----------------|------------------------------------|
| Rumus kimia | : NaNO_3 |
| Berat molekul | : 85 gr/gmol |
| Bentuk | : Bubuk putih |
| Kemurnian | : 98,15% |
| Kadar air | : 1, 85% |
| Densitas | : $2,3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ |
| Kelarutan | ; 92 g dalam 100 mL air |
| Kapasitas panas | : 468 kJ/mol |
| Jumlah | : 9348,1261 kg/j |

[\(\[http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_nitrat\]\(http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_nitrat\)\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_nitrat)

2 . Asam sulfat

| | |
|---------------|---------------------------|
| Rumus kimia | : H_2SO_4 |
| Berat molekul | : 98,08 gr/gmol |
| Bentuk | : Cair |
| Kemurnian | : 93% |
| Kadar air | : 7% |
| Densitas | : 1,84 g/cm ³ |
| Panas jenis | : 0,34 cal/gr °C |
| Boiling point | : 340 °C |
| Viscosity | ; 26.7 cP |

(Carl Yaws)

2 . HASIL

A . Asam Nitrat

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Rumus Kimia | : HNO_3 |
| Kenampakan | : Cair |
| Berat molekul | : 63,013 gr/gmol |
| Boiling Point | : 86 °C |
| Density | ; 1.5129 g/ cm ⁻³ |
| Panas Penguapan | ; 39.48 kj/mol |
| Panas Peleburan | ; -42 °C |

(http://id.wikipedia.org/wiki/Asam_nitrat)

B . Hasil sampling

Neither Cake : campuran NaHSO_4
 NaNO_3
 H_2SO_4
 H_2O

Kadar H_2SO_4 : 5 – 15%

Kenampakan : slurry cair

Berat Molekul : 125 – 130

C_p : 0,265 Cal/j °C

K : 0,33 Btu/ln ft²

ρ : 171,1 lb/ft³

μ : 4,0 Cp (9,68 lb/ft²dt)

(Carl Yaws)

BAB III

URAIAN PROSES

A. PROSES

Natrium nitrat (NaNO_3) padat dari gudang (G-1) dengan belt conveyor BE – 1, selanjutnya dilewatkan Screw conveyor SC -1 dan masuk ke rotary drier (RD) untuk mengurangi kadar air. Suhu masuk rotary drier RD = 35°C dan keluar pada 100°C , Selanjutnya dengan belt conveyor BC – 2 dan bucket elevator BE – 1, Natrium nitrat diumpankan ke reaktor R – 1.

Asam sulfat (H_2SO_4) 66°Be (93%) dari tangki penyimpanan T – 1 dipompa dan dilewatkan pemanas HE – 1 untuk pemanasan pendahuluan dari 35°C menjadi 60°C dan kemudian masuk ke reaktor R – 1.

Reaktor di panaskan dengan saturated steam pada suhu 200°F secara isothermal, kondisi operasi reaktor pada 150°C (302°F), selama 10 jam. Gas hasil reaksi dalam reaktor pada keadaan lewat jenuh dilewatkan HE – 1 untuk didinginkan, dan dialirkan ke kondensor CD – 1 dengan menggunakan bowler B – 3. Pada suhu 95°C dalam tekanan 1 atm, sebagian gas hasil reaksi akan mengembun dan sebagian lagi tidak. Gas dan cairan ini selanjutnya dimasukan ke sparator S – 1, dipisahkan antara gas dan cairan. Cairan dari sparator S - 1 selanjutnya didinginkan dengan He - 2 sampai suhu 40°C , kemudian masuk dalam accumulator AC – 1, konsentrasi asam nitrat hasil 76%.

Gas yang tidak terembun pada kondensor CD – 1 didinginkan dengan pendingin HE – 2 menjadi 40°C dan di serap dengan air (H_2O) pada 40°C dalam absorber AB – 1. Pada absorber 1 terjadi absorpsi gas dengan reaksi kimia. Menara absorber AB – 1 berupa menara “Bubble Cup” yang berkerja pada tekanan 1 Atm. Hasil absorpsi berupa asam nitrat dengan kadar 65% yang selanjutnya dimasukan ke accumulator AC – 1.

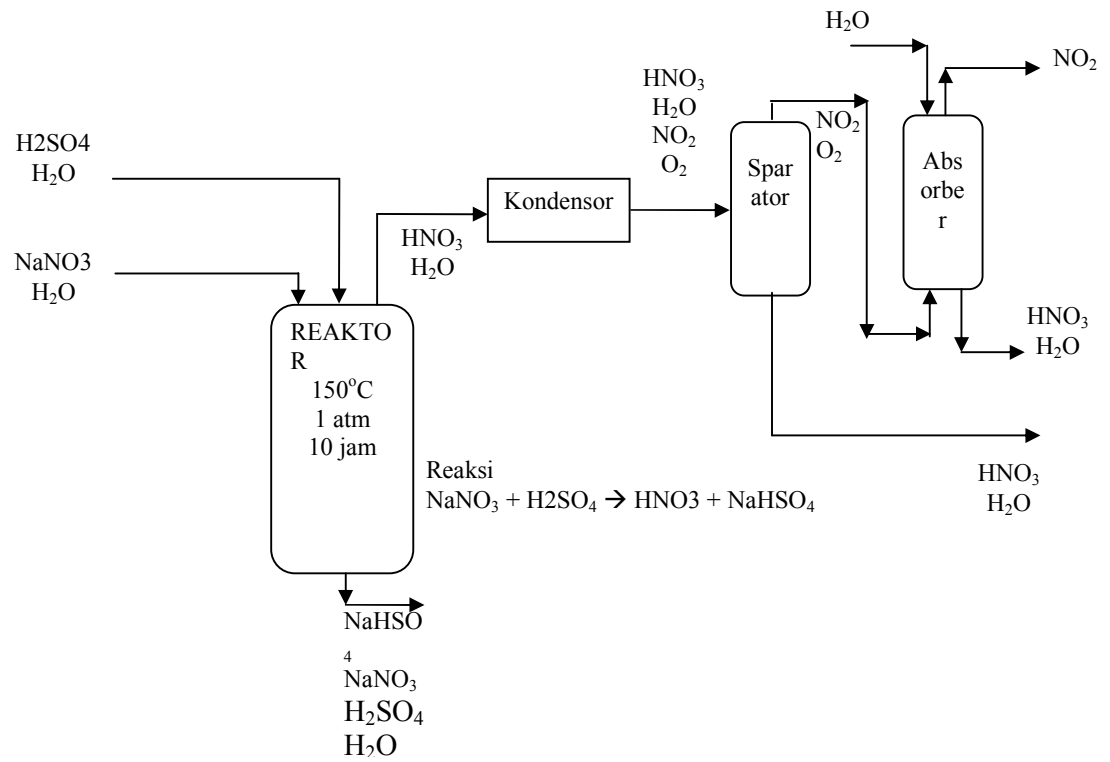
Pada accumulator AC – 2 yang ditambahkan asam nitrat dari hasil AC – 1 dengan konsentrasi 68% untuk menaikkan konsentrasi hasil. Selanjutnya asam

nitrat dipompakan ke tangki penyimpan T – 2 Hasil samping berupa campuran antara NaHSO_4 , Na_2SO_4 , NaCl yang berbentuk slurry encer dipompa dan disimpan pada tangki T – 3.

B. DIAGRAM ALIR

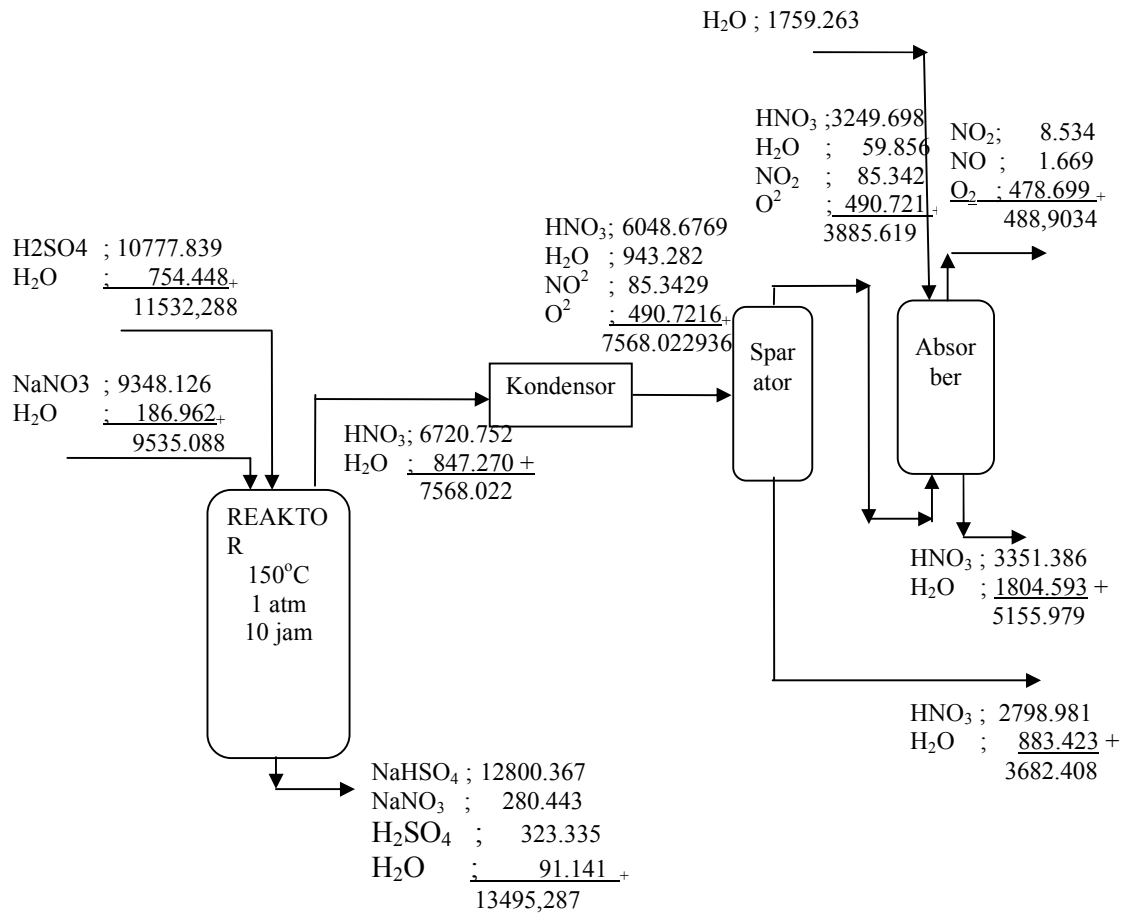
1. Diagram Alir Kualitatif
2. Kuantitatif
3. Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

1. DIGRAM ALIR KUALITATATIF



Gambar 2. DIAGRAM ALIR

2. DIAGRAM ALIR KUANTITATIF



Gambar 3. DIAGRAM ALIR

3. Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

BAB IV

NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

A. Neraca Massa

1. Neraca massa di reaktor

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|--------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | | Ke Condensor | Either Cake |
| HNO ₃ | 9348.126101 | 6720.752777 | 280.44378 |
| NaNO ₃ | | | |
| H ₂ SO ₄ | | | |
| NaHSO ₄ | 10777.8395 | 847.2701586 | 12800.367 |
| H ₂ O | 941.4112874 | | 94.141129 |
| TOTAL | 21067.37689 | 7568.022936 | 13498.287 |
| | | 21067.37689 | |

2. Neraca massa di Condensor

| Komponen | Masuk | Keluar Ke sparator |
|------------------|-------------|--------------------|
| HNO ₃ | 6720.752777 | 6048.6769 |
| H ₂ O | 847.2701586 | 943.2820 |
| O ₂ | | 490.7216 |
| NO ₂ | | 85.3429 |
| TOTAL | 7568.022936 | 7568.0229 |

3. Neraca massa di Sparator

| Komponen | Masuk Dari Condensor | Keluar | |
|--------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| | | Cair ke acc-1 | Uap ke Absorber |
| H2O | 943.2820 | 883.4236 | 59.8561 |
| HNO3 | 6048.6769 | 2798.9812 | 3249.6984 |
| O2 | 490.7216 | | 490.7216 |
| NO2 | 85.3429 | | 85.3429 |
| TOTAL | 7568.022936 | 3682.40486 | 3885.619 |
| | | 7568.022936 | |

4. Neraca massa di Absorber

| Komponen | Masuk | | keluar | |
|--------------|------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| | Masuk Dari Sparator | Absorben | Uap Ke Upl | Cair Ke Acc-2 |
| HNO3 | 3249.698425 | 1759.263436 | | 3351.386 |
| H2O | 59.85605143 | | | 1804.593 |
| O2 | 490.7216313 | | 478.69942 | |
| NO2 | 85.34289241 | | 8.5342892 | |
| NO | | | 1.6697522 | |
| TOTAL | 3885.619 | 1759.263436 | 488.90346 | 5155.979 |
| | 5644.882435 | | 5644.882435 | |

B. Neraca Panas

1. neraca panas di reactor

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|---------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Bahan baku | 2911416.171 | Uap | 2041628.566 |
| Panas reaksi | 520626.561 | Either Cake | 3007021.913 |
| Steam pemanas | 1616607.747 | | |
| | 5,048,650.48 | | 5,048,650.48 |

2. Neraca Panas di kondensor

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-----------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Panas masuk | 2041628.57 | Panas keluar | 1052949.69 |
| panas penguapan | 1459620.87 | pendingin | 2448299.75 |
| | 3,501,249.44 | | 3,501,249.44 |

3. Neraca Panas di Sparator

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Uap | 438774.9698 | Panas keluar | 1052949,689 |
| Cairan | 614175.8525 | | |
| | 1052949,689 | | 1052949,689 |

4. Neraca panas di Absorber

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Uap masuk | 153793,7923 | Uap | 2448,58026 |
| Absorben | 93,97322 | Cair | 249121,9976 |
| reaksi | 84322,06207 | | |
| beban panas | 13360,75027 | | |
| | 251570,578 | | 251570,578 |

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses sering disebut dengan unit utilitas yang merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Pada suatu industri kimia, untuk menjalankan suatu proses produksi diperlukan suatu bahan baku dan bahan penolong serta bahan penunjang seperti steam, listrik, air, bahan bakar, udara tekan dan lain sebagainya.

Pada perancangan pabrik Asam nitrat dengan bahan baku Natrium Nitrat dan asam sulfat, utilitas yang diperlukan meliputi :

- Unit penyediaan dan pengolahan air
- Unit penyediaan steam
- Unit pembangkit tenaga listrik
- Unit penyediaan bahan bakar
- Unit penyediaan udara proses

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk pabrik Asam nitrat digunakan untuk keperluan-keperluan sebagai berikut :

- a. Air proses, yaitu air yang digunakan di Absorber
- b. Air pendingin, yaitu air yang digunakan pada alat-alat penukar panas.
- c. Air umpan boiler, yaitu air yang digunakan untuk menghasilkan steam.

- d. Air sanitasi, yaitu air yang digunakan untuk air minum, keperluan kantor, keperluan laboratorium dan lain-lain.

4.2 Unit Penyediaan Steam

Steam yang digunakan dalam pabrik Asam Nitrat dipakai untuk mensuplai kebutuhan panas pada Reaktor. Steam diperoleh dari boiler, sedangkan air umpan boiler diperoleh dari unit penyedia air.

4.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik, suatu pabrik biasanya mensuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator pembangkit listrik sendiri. Pada prarancangan pabrik Asam Nitrat ini, kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari generator pembangkit listrik sendiri sedangkan dari PLN hanya digunakan sebagai cadangan. Hal ini didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

- a. Kontinuitas tenaga listrik lebih terjamin, sehingga proses dapat berjalan lancar.
- b. Tenaga listrik yang dibangkitkan dari generator sendiri lebih stabil, sehingga daya kerja lebih besar

Kebutuhan listrik dari pabrik dapat digolongkan :

- Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air.
- Kebutuhan listrik untuk penerangan.
- Kebutuhan listrik untuk pendingin ruangan.

- Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

4.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler dan generator.

4.5. Unit Penyediaan Udara Proses dan Instrumentasi

Unit ini berfungsi untuk menghasilkan udara tekan kering (udara pabrik) dan udara instrumentasi. Udara pabrik adalah udara yang dibutuhkan untuk mengeringkan *Natrium nitrat* dengan *alat dryer*. Selain itu, juga diperlukan untuk membersihkan peralatan pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

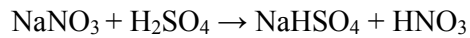
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "***Chemical Engineering Cost Estimation***", Mc. Graw Hill Book Co. Inc., New York.
- Brown, G.G., 1978, "***Unit Operation***", Modern Asia Edition, Charles Tuttle Co., Tokyo.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1979, "***Process Equipment Design***", Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1985, "***An Introduction to Chemical Engineering Design***", Chemical Engineering vol.6, Pergamon Press, Oxford.
- Kern, D.Q., 1965, "***Process Heat Transfer***", Mc. Graw Hill Book Co, Tokyo.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1979, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd edition, Volume 1, 20.
- Levenspiel, O., 1962, "***Chemical Reaction Engineering***", 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, P., 1985, "***Unit Operation of Chemical Engineering***", 4th edition, Mc. Graw Hill Book Co., Singapore.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, "***Perry's Chemical Handbook***", 6th edition, Mc. Graw Hill Book Co., New York.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, "***Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics***", 3rd edition Mc. Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.

LAMPIRAN

NERACA MASSA

1. Neraca massa reaktor

Reaksi



Basis ; 100 kg NaNO₃

Kadar NaNO₃ = 98 %

H₂O = 2 Kg

NaNO₃ masuk = 100kg = 1,176470588 kmol

Konversi 0,97

NaNO₃ reaksi = 1,176470588 x 0,97
= 1,141176471 kmol

NaNO₃ sisa = 1,176470588 - 1,141176471
= 0,035294118 kmol
= 3 kg

H₂SO₄ yang diumpankan ekimolar

H₂SO₄ masuk = 1,176470588 kmol
= 115,2941176 kg

H₂SO₄ reaksi = 1,141176471 kmol
= 111,8352941 kg

H₂SO₄ sisa = 3,458823529 kg

Kadar H₂SO₄ = 93%

H₂O dlm H₂SO₄ = (7/100) x 115,2941176 kg = 8,070588235kg

NaHSO₄ hasil = 1,141176471 kmol
= 136,9297647 kg

HNO₃ hasil = 1,141176471 kmol

$$= 71,89411765 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O total dlm reaktor} &= \text{H}_2\text{O dlm NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O dlm H}_2\text{SO}_4 \\ &= 2 + 8,070588235 \\ &= 10,07058824 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : H}_2\text{O dlm Either Cake} &= 10 \% \\ &= 10/100 \times 10,07058824 \text{ kg} \\ &= 1,007058824 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O keluar reaktor} &= 10,07058824 \text{ kg} - 1,007058824 \text{ kg} \\ &= 9,063529412 \text{ kg} \end{aligned}$$

NERACA MASA REAKTOR

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | | Ke Separator | Either Cake |
| HNO ₃ | | 71,89411765 | |
| NaNO ₃ | 100 | | 3 |
| H ₂ SO ₄ | 115,294118 | | 3,458823529 |
| NaHSO ₄ | | | 136,9297647 |
| H ₂ O | 10,0705882 | 9,063529412 | 1,007058824 |
| TOTAL | | 80,95764706 | 144,3956471 |
| | 225,364706 | 225,3647059 | |

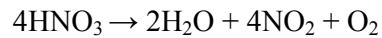
2. Neraca massa di kondensor

Komposisi bahan masuk kondensor

| Komponen | kg | kmol |
|------------------|------------|-------------|
| HNO ₃ | 71,8941176 | 1,141176471 |
| H ₂ O | 9,06352941 | 0,503529412 |
| | | 1,644705882 |

HNO₃ terdekomposisi

Reaksi



$$\begin{aligned}\text{Asumsi HNO}_3 \text{ terdekomposisi sebesar} &= 10 \% \\ &= 7,189411765 \text{ kg} \\ &= 0,114117647 \text{ kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HNO}_3 \text{ sisa} &= \text{HNO}_3 \text{ cair} - \text{HNO}_3 \text{ terdekomposisi} \\ &= 71,8941176 \text{ kg} - 7,189411765 \text{ kg} \\ &= 64,7047 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HNO}_3 \text{ reaksi} &= 0,1141 \text{ kmol} \\ \text{H}_2\text{O trbntk} &= 1/2 \times 0,114117647 \text{ kmol} \\ &= 0,057058824 \text{ kmol} \\ &= 1,027058824 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NO}_2 \text{ trbntk} &= 0,114117647 \text{ kmol} \\ &= 5,249411765 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{O}_2 \text{ trbntk} = 1/4 \times 0,114117647 \text{ kmol}$$

$$= 0,028529412 \text{ kmol}$$

$$= 0,912941176 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O uap} &= \text{H}_2\text{O uap} + \text{H}_2\text{O terbentuk} \\ &= 9,0635 + 1,027058824 \\ &= 10,09058824 \end{aligned}$$

$$\text{Log } P = A+B/T + C.\text{Log } (T+DT + ET^2)$$

| komponen | A | B | C | D | E |
|------------------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|
| H ₂ O | 29,8605 | -3,51E+03 | -7,30E+00 | 2,42E-09 | 1,81E-06 |
| HNO ₃ | 71,7653 | -4,38E+03 | -2,28E+01 | -4,60E-07 | 1,19E-05 |

Tekanan operasi diteapkan 1 atm

$$\text{Suhu operasi} = 95^\circ\text{C} = 368,0638^\circ\text{K}$$

$$K = P/P_t$$

$$P = \text{Tekanan parsial gas} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$P_t = \text{Tekanan total}$$

$$V/L \text{ Trial} = 0,775$$

Untuk harga L di terial sehingga akan didapatkan harga tabel sebagai berikut

| komponen | berat | Kmol | Fraksi mol | Pi | K |
|------------------|---------|------------|------------|------------|------------|
| HNO ₃ | 64,7047 | 1,02705873 | 0,646906 | 1138,55655 | 1,49810072 |
| H ₂ O | 10,0906 | 0,56058889 | 0,353094 | 66,4458546 | 0,08742876 |
| | | 1,58764762 | 1 | | |

| komponen | berat | $L=Fi/(VK/L+1)$ | $V= Fi-Li$ | BM | cair | uap |
|------------------|---------|-----------------|------------|----|-----------|---------|
| HNO ₃ | 64,7047 | 0,4753 | 0,5518 | 63 | 29,941629 | 34,7631 |
| H ₂ O | 10,0906 | 0,525 | 0,0356 | 18 | 9,450275 | 0,6403 |
| | | 1,0003 | 0,5874 | | 39,391904 | 35,4034 |

| Komponen | Masuk | Keluar |
|------------------|-------------------|--------------------|
| HNO ₃ | 71,8941176 | 64,7047 |
| H ₂ O | 9,06352941 | 10,0906 |
| O ₂ | | 5,2494 |
| NO ₂ | | 0,9129 |
| TOTAL | 80,9576471 | 80,95764706 |

3. Neraca massa SPARATOR

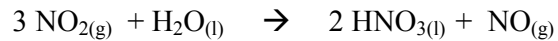
| Komponen | Masuk | Keluar | |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | | Cair | Uap |
| H ₂ O | 9,06352941 | 9,4503 | 0,6403 |
| HNO ₃ | 71,8941176 | 29,9416 | 34,7631 |
| O ₂ | | | 5,2494 |
| NO ₂ | | | 0,9129 |
| TOTAL | 80,9576471 | 39,391904 | 41,56575294 |
| | | 80,95764706 | |

4. ABSORBER

komposisi bahan masuk

| Komponen | Masuk | Kmol | Fraksimol |
|------------------|----------------|--------------------|-------------|
| H ₂ O | 0,6403 | 0,035572222 | 0,046122331 |
| HNO ₃ | 34,7631 | 0,551795238 | 0,715448201 |
| O ₂ | 5,24941176 | 0,164044118 | 0,212696777 |
| NO ₂ | 0,91294118 | 0,019846547 | 0,025732691 |
| TOTAL | 41,5658 | 0,771258125 | 1 |

Reaksi 1 :



Konversi = 90%

$$\begin{aligned}
 \text{NO}_2 \text{ sisa} &= (100\% - 90\%) \times \text{XNO}_2 \\
 &= 10\% \times 0,01984655 \\
 &= 0,001984655 \text{ kmol} = 0,091294118 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O bereaksi} &= 1/3 \times 90\% \times \text{XNO}_2 \\
 &= 1/3 \times 90\% \times 0,01984655 \text{ kmol} \\
 &= 0,005953964 \text{ kmol} = 0,107171355 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

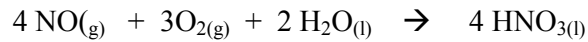
$$\begin{aligned}
 \text{NO terbentuk} &= 1/3 \times 90\% \times \text{XNO}_2 \\
 &= 1/3 \times 90\% \times 0,01984655 \text{ kmol} \\
 &= 0,005953964 \text{ kmol} = 0,178618926 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ terbentuk} = 2/3 \times 90\% \times \text{XNO}_2$$

$$= 2/3 \times 90\% \times 0,01984655 \text{ kmol}$$

$$= 0,011907928 \text{ kmol} = 0,750199488 \text{ kg}$$

Reaksi 2 :



Konversi = 90%

$$\text{NO bereaksi} = 90\% \times 0,005953964 \text{ kmol}$$

$$= 0,005358568 \text{ kmol}$$

$$= 0,160757033 \text{ kg}$$

$$\text{NO sisa} = 0,178618926 - 0,160757033 \text{ kg}$$

$$= 0,017861893 \text{ kg}$$

$$\text{O}_2 \text{ sisa} = 0,164044118 \text{ kmol} - (3/4 \times 90\% \times 0,005953964 \text{ kmol})$$

$$= 0,160025192 \text{ kmol}$$

$$= 5,120806138 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O bereaksi} = 2/4 \times 90\% \times 0,005953964 \text{ kmol}$$

$$= 0,002679284 \text{ kmol}$$

$$= 0,04822711 \text{ kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ terbentuk} = 4/4 \times 90\% \times 0,005953964 \text{ kmol}$$

$$= 0,005358568 \text{ kmol}$$

$$= 0,3375897 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O yang bereaksi} = 0,107171355 + 0,04822711$$

$$= 0,155398465 \text{ kg}$$

Jumlah HNO_3 100% wt terbentuk dari kedua reaksi tersebut :

$$= 0,750199488 + 0,33758977 + 34,7631$$

$$= 35,8509 \text{ kg}$$

Jumlah H₂O yang dibutuhkan untuk membentuk HNO₃ 65% wt :

$$= 35\% / 65\% \times 35,8509 \text{ kg}$$

$$= 19,30432499 \text{ kg}$$

Jumlah H₂O total yang dibutuhkan :

$$= 19,30432499 + 0,155398465 - 0,6403$$

$$= 18,8194 \text{ kg}$$

| Komponen | Masuk | | keluar | |
|------------------|--------------------|-------------|--------------------|-----------|
| | masuk | make up | uap | cair |
| HNO ₃ | 34,7631 | 18,81942345 | | 35,850889 |
| H ₂ O | 0,6403 | | | 19,304325 |
| O ₂ | 5,24941176 | | 5,120806138 | |
| NO ₂ | 0,91294118 | | 0,091294118 | |
| NO | | | 0,017861893 | |
| TOTAL | 41,5657529 | 18,81942345 | 5,229962148 | 55,155214 |
| | 60,38517639 | | 60,38517639 | |

Accumulator

dari hasil bawah absorber

$$\text{HNO}_3 : 35,85088926$$

$$\text{H}_2\text{O} : \underline{19,30432499} +$$

$$55,15521424$$

dan hasil bawah separator

$$\text{HNO}_3 : 29,9416$$

$$\text{H}_2\text{O} : \underline{9,4503} +$$

39,391904

keluar Accumulator

$$\begin{array}{rcll} \text{HNO}_3 : & 64,7047 + 1,08778926 & = & 65,7925 \quad \text{kg} \\ \text{H}_2\text{O} : & 10,0906 + 1,4419532 & = & 28,7546 \quad \text{kg} + \\ \hline & \text{Total} & = & 94,5471 \quad \text{kg} \end{array}$$

Kapasitas produksi = 70000 ton/tahun

catatan : dalam 1 tahun pabrik beroperasi selama 330hari

kecepatan produksi= 8838,383838 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Index} &= \frac{8838,383838}{94,54711824} = 93,48126101 \end{aligned}$$

Neraca massa kapasitas

1. Neraca massa di Reaktor

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | | Ke Separator | Either Cake |
| HNO ₃ | 9348,126101 | 6720,752777 | 280,44378 |
| NaNO ₃ | | | |
| H ₂ SO ₄ | | | |
| NaHSO ₄ | 10777,8395 | 847,2701586 | 12800,367 |
| H ₂ O | 941,4112874 | | 94,141129 |
| TOTAL | | 7568,022936 | 13498,287 |
| | 21067,37689 | 21067,37689 | |

2. Neraca massa di Condensor

| Komponen | Masuk | Keluar |
|------------------|--------------------|------------------|
| HNO ₃ | 6720,752777 | 6048,6769 |
| H ₂ O | 847,2701586 | 943,2820 |
| O ₂ | | 490,7216 |
| NO ₂ | | 85,3429 |
| TOTAL | 7568,022936 | 7568,0229 |

3. Neraca massa di Sparator

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|------------------|-------------|-----------|-----------|
| | | Cair | Uap |
| H ₂ O | 847,2701586 | 883,4236 | 59,8561 |
| HNO ₃ | 6720,752777 | 2798,9812 | 3249,6984 |
| O ₂ | | | 490,7216 |
| NO ₂ | | | 85,3429 |

| | | | |
|--------------|--------------------|--------------------|----------|
| TOTAL | 7568,022936 | 3682,40486 | 3885,619 |
| | | 7568,022936 | |

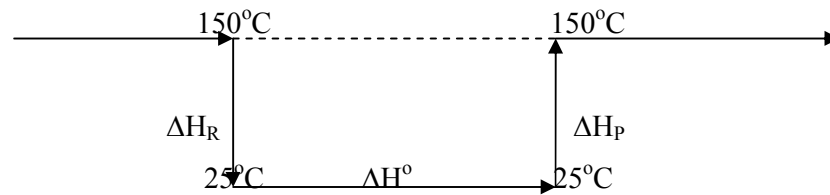
4. Neraca massa di Absorber

| Komponen | Masuk | | keluar | |
|--------------|--------------------|-------------|--------------------|----------|
| | masuk | make up | uap | cair |
| HNO3 | 3249,698425 | 1759,263436 | | 3351,386 |
| H2O | 59,85605143 | | | 1804,593 |
| O2 | 490,7216313 | | 478,69942 | |
| NO2 | 85,34289241 | | 8,5342892 | |
| NO | | | 1,6697522 | |
| TOTAL | 3885,619 | 1759,263436 | 488,90346 | 5155,979 |
| | 5644,882435 | | 5644,882435 | |

NERACA PANAS

I. Reaktor

Profil suhu reaksi



$$C_p \text{ NaHSO}_4 : 223,515 - 9,527 \cdot 10^{-3}T - 3,406 \cdot 10^{-5}T^2 + 1,5771 \cdot 10^{-8} T^3$$

$$C_p \text{ HNO}_3 : 214,478 - 7,676 \cdot 10^{-1}T + 1,497 \cdot 10^{-3}T^2 - 3,0208 \cdot 10^{-7} T^3$$

$$C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 : 26,004 + 7,0337 \cdot 10^{-1}T - 1,385 \cdot 10^{-3}T^2 + 1,0324 \cdot 10^{-6} T^3$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} : 92,053 - 3,9953 \cdot 10^{-2}T - 2,1103 \cdot 10^{-4}T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7}T^3$$

Kkal /Kmol °K(C.Yaws 1984)

$$C_p \text{ NaNO}_3 : -15,5 + 1,0144T - 4,369E-3T^2 + 9,345E-6T^3 - 6,1283E-9T^4$$

$$C_p \text{ NO}_{2(g)} : 25,1165 + 4,39956E-2T - 9,61717E-6T^2 - 1,21653E-8T^3 + 5,44943E-12T^4$$

$$C_p \text{ O}_{2(g)} : 29,8832 + 1,13842E-2T + 4,33779E-5T^2 - 3,70062E-8T^3 + 1,01006E-11T^4$$

$$C_p \text{ NO}_{(g)} : 29,7657 + 9,7605E-4T + 6,09872E-6T^2 - 3,58809E-9T^3 + 5,85308E-13T^4$$

KJ/kmol °K (Reklaitis, 1983)

1. Menentukan ΔH_1

Suhu masuk = 150°C

Suhu ref = 25°C

| Komponen | m (kg) | n (Kmol) | Cp dT (Kkal/Kmol) | Q (Kkal) |
|--------------------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|
| NaNO ₃ | 9348.126101 | 109.9779541 | 3520,492249 | 387176.5351 |
| H ₂ O | 186.96252 | 10.38680667 | 9469,148779 | 98354.21767 |
| H ₂ SO ₄ | 10777.8395 | 109.9779541 | 18449,12676 | 2028997.216 |
| H ₂ O | 754.44877 | 41.91382056 | 9469,148779 | 396888.2028 |
| | | | | 2911416.171 |

2. Menentukan ΔH_2

Untuk keluar reactor suhu 150°C

a. Hasil

| Komponen | m (kg) | n (kmol) | Cp (Kkal/kmol) | Q (Kkal) |
|------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| HNO ₃ | 6720.752777 | 106.6786155 | 14959,98407 | 1595910.389 |
| H ₂ O | 847.2701586 | 47.07056437 | 9469,148779 | 445718.1771 |
| | | | | 2041628.566 |

b. Either Cake

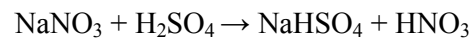
| Komponen | m (kg) | n (kmol) | Cp (Kkal/kmol) | Q (Kkal) |
|--------------------------------|-----------|-------------|-------------------|-------------|
| NaNO ₃ | 280.44378 | 3.299338588 | 3520,492249 | 11615.29593 |
| H ₂ O | 94.141129 | 5.230062722 | 9469,148779 | 49524.24204 |
| H ₂ SO ₄ | 323.33519 | 3.299338673 | 18449,12676 | 60869.91741 |

| | | | | |
|--------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| NaHSO ₄ | 12800.367 | 106.669725 | 27046,21633 | 2885012.458 |
| | | | | 3007021.913 |

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } \Delta H_{2 \text{ total}} &= \Delta H_{2 \text{ hasil}} + \Delta H_{2 \text{ cake}} \\
 &= 2041628.566 + 3007021.913 \\
 &= 5048650,479 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Menentukan Panas Reaksi

Reaksi :



$$\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ NaHSO}_4 : -262,20$$

$$\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ HNO}_3 : -41,404$$

$$\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ H}_2\text{SO}_4 : -193,91$$

$$\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ H}_2\text{O} : -68,317$$

$$\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ NaNO}_3 : -101,54 \text{ Kkal/gmol (Van Ness)}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{(298)} &= (\Delta H_{\text{f}} \text{ HNO}_3 + \Delta H_{\text{f}} \text{ NaHSO}_4) - (\Delta H_{\text{f}(298)} \text{ NaNO}_3 + \Delta H_{\text{f}} \\
 &\text{H}_2\text{SO}_4) \\
 &= (-41,404 - 269,20) - (-101,54 - 193,91) \\
 &= -15,154 \text{ kkal/mol} \\
 &= -15154 \text{ Kkal/kmol}
 \end{aligned}$$

NaNO₃ yang bereaksi 106,678616 kmol (lihat perhitungan neraca masa)

$$\begin{aligned}
 \text{Maka panas reaksi} &= 106,678616 \text{ kmol} \times -15154 \text{ kkal/kmol} \\
 &= -1616607.746864 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{150^\circ\text{C}} &= \Delta H_{25^\circ\text{C}} + \sum \text{cpdt produk} - \sum \text{cpdt reaktan} \\
 &= -1616607.746864 \text{ Kkal} + (5048650,479) - (2911416.171) \\
 &= 520626.5611 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} &= Q_{\text{bahan baku}} + \Delta H_{R_{150^{\circ}\text{C}}} \\
 &= 2911416.171 \text{ kkal} + 520626.561 \text{ kkal} \\
 &= 3432042.732 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas keluar} &= Q_{\text{uap hasil}} + Q_{\text{Either Cake}} \\
 &= 2041628.566 \text{ Kkal} + 3007021.913 \text{ Kkal} \\
 &= 5048650,479 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka kebutuhan steam Pemanas} &= \text{Panas keluar} - \text{Panas masuk} \\
 &= 5048650,479 \text{ Kkal} - 3432042.732 \text{ kkal} \\
 &= 1616607.747 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas selengkapnya

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|---------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Bahan baku | 2911416.171 | Uap | 2041628.566 |
| Panas reaksi | 520626.561 | Either Cake | 3007021.913 |
| Steam pemanas | 1616607.747 | | |
| | 5,048,650.48 | | 5,048,650.48 |

Pada kondisi operasi reactor pada ;

$$P = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Kpa}$$

$$T = 150^{\circ}\text{C} = 423^{\circ}\text{K}$$

Maka steam yang digunakan adalah

Saturated steam pada 200°C , $P = 618,06 \text{ Kpa}$,

$$\lambda = 2790,9 \text{ Kj/kg} = 666,46692 \text{ Kkal/kg}$$

$$M = \frac{Q}{\lambda} = \frac{1616607.747 \text{ Kkal}}{666,46692 \text{ Kkal/kg}}$$

$$M = 2425,6383 \text{ kg}$$

II. Neraca panas Kondensor

a. Panas bahan masuk :

Suhu masuk : 150°C ,

Suhu ref = 25°C

| Komponen | m (kg) | n (kmol) | Cp (Kkal/kmol) | Q (Kkal) |
|------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| HNO ₃ | 6720.752777 | 106.6786155 | 14959,98407 | 1595910.389 |
| H ₂ O | 847.2701586 | 47.07056437 | 9469,148779 | 445718.1771 |
| | | | | 2041628.566 |

b. Panas bahan keluar

Suhu keluar ; 95°C

Suhu ref = 25°C

• Uap

| komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| HNO ₃ | 3249.6984 | 51.58251429 | 8001.738322 | 412749.7813 |
| H ₂ O | 59.8521 | 3.325116667 | 5270.468713 | 17524.92336 |
| NO ₂ | 490.7216 | 10.66786087 | 641.0081448 | 6838.185705 |
| O ₂ | 85.3429 | 2.666965625 | 623.2099346 | 1662.079473 |
| | | | | 438774.9698 |

• Cair

| Komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| HNO ₃ | 2798.9812 | 44.42827302 | 8001.738322 | 355503.4148 |
| H ₂ O | 883.4326 | 49.07958889 | 5270.468713 | 258672.4377 |
| | | | | 614175.8525 |

total panas keluar kondensor

$$\begin{aligned} Q_{\text{out}} &= Q_{\text{uap}} + Q_{\text{cair}} \\ &= 438774.9698 + 614175.8525 \\ &= 1052950.882 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Panas Pengembunan uap :

| Komponen | berat (kg) | kmol | Hv (Kkal/kmol) | Q |
|------------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| HNO ₃ | 6048.6769 | 96.01074444 | 9708.7 | 932139.5146 |
| H ₂ O | 943.282 | 52.40455556 | 10065.563 | 527481.3554 |
| | | | | 1459620.87 |

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk kondensor} &= Q_{\text{masuk}} + Q_{\text{Hv}} \\ &= 2041628.566 + 1459620.87 \\ &= 3501249.44 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban panas} &= 3501249.44 \text{ Kkal} - 1052950.882 \text{ kkal} \\ &= 2448298.61 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Panas masuk | 2041628.57 | Panas keluar | 1052950.82 |
| panas penguapan | 1459620.87 | pendingin | 2448298.61 |
| | 3501249.44 | | 3501249.44 |

Menentukan Jumlah Air Pendingin :

$$\text{Suhu pendingin masuk} = 30^{\circ} \text{ C}$$

$$\text{Suhu pendingin keluar} = 40^{\circ} \text{ C}$$

$$C_p \text{ pendingin} = 1 \text{ Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C}$$

Jumlah Pendingin :

$$M = \frac{Q_c}{C_p \cdot (t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{2448298.61}{1 \cdot (40 - 30)}$$

$$= 244829.861 \text{ Kg/jam}$$

III. Neraca Panas Sparator

Bahan masuk ;

a. Uap dari Condensor

Suhu keluar ; 95°C

Suhu ref = 25°C

| komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| HNO ₃ | 3249.6984 | 51.58251429 | 8001.738322 | 412749.7813 |
| H ₂ O | 59.8521 | 3.325116667 | 5270.468713 | 17524.92336 |
| NO ₂ | 490.7216 | 10.66786087 | 641.0081448 | 6838.185705 |
| O ₂ | 85.3429 | 2.666965625 | 623.2099346 | 1662.079473 |
| | | | | 438774.9698 |

b. Cairan dari Condensor

Suhu keluar ; 95°C

Suhu ref = 25°C

| Komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| HNO ₃ | 2798.9812 | 44.42827302 | 8001.738322 | 355503.4148 |
| H ₂ O | 883.4326 | 49.07958889 | 5270.468713 | 258672.4377 |
| | | | | 614175.8525 |

Bahan Keluar kondensor

Suhu keluar ; 95 °C

Suhu ref = 25°C

| komponen | berat (kg) | kmol | Cp (Kkal/kmol) | Q |
|---------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| NO _{2(g)} | 490.7216 | 10.66786087 | 641.0081448 | 6838.185705 |
| O _{2(g)} | 85.3429 | 2.666965625 | 623.2099346 | 1662.079473 |
| HNO _{3(g)} | 3249.6984 | 51.58251429 | 8001.738322 | 412749.7813 |
| H ₂ O _(g) | 59.8521 | 3.325116667 | 5270.468713 | 17524.92336 |
| HNO _{3(l)} | 6048.6769 | 96.01074444 | 8001.738322 | 768252.8531 |
| H ₂ O _(l) | 943.282 | 52.40455556 | 5270.468713 | 276196.5705 |
| | | | | 1052949,689 |

Neraca panas selengkapnya

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Uap | 438774.9698 | Panas keluar | 1052949,689 |
| Cairan | 614175.8525 | | |
| | 1052949,689 | | 1052949,689 |

IV. Naraca Panas Absorber

Bahan masuk

- a. Uap dari sparator

Uap masuk pada suhu 50°C

| komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| HNO ₃ | 3249.698425 | 51.58251468 | 2787.119425 | 143766.6287 |
| H ₂ O | 59.85605143 | 3.325336191 | 1883.080946 | 6261.87722 |
| O ₂ | 490.7216313 | 15.33505098 | 224.0868893 | 3349.5424 |
| NO ₂ | 85.34289241 | 1.85528027 | 182.4129524 | 415.7439843 |
| | | | | 153793.7923 |

- b. Air Make up

Suhu masuk : 30°C

Jumlah air absorben : 18,8194 kg = 1,0455 kmol

Cp air (30°C) = 89,88161 kkal/kmol k

$Q = (1,0455)(89,88161)$

= 93.97322 kkal

Bahan keluar

suhu keluar absorber 43,49°C

- a. Cair

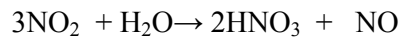
| komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|-------------|----------|-------------|
| HNO ₃ | 3351.386 | 53.19660317 | 2056,569 | 109402.5028 |
| H ₂ O | 1804.593 | 100.2551667 | 1393,639 | 139719.4948 |
| | | | | 249121.9976 |

- b. Uap

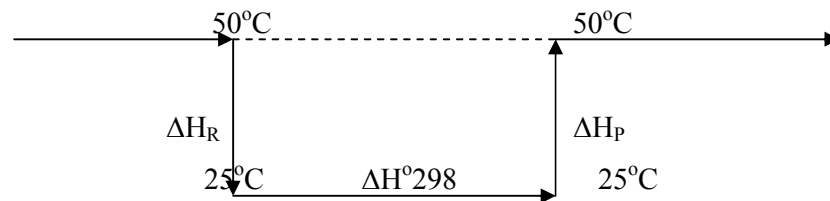
| komponen | berat (kg) | kmol | Cp dT | Q |
|-----------------|------------|-------------|----------|-------------|
| NO ₂ | 8.5342892 | 0.185528026 | 165,2304 | 30.65487104 |
| NO | 1.6697522 | 0.055658407 | 134,8579 | 7.505975513 |
| O ₂ | 478.69942 | 14.95935688 | 161,1312 | 2410.419414 |
| | | | | 2448.58026 |

Panas Reaksi

Reaksi :



Profil suhu reaksi



$$\Delta H_{f(298)} \text{ HNO}_3 : -41,404$$

$$\Delta H_{f(298)} \text{ NO}_2 : 8,041$$

$$\Delta H_{f(298)} \text{ H}_2\text{O} : -68,317$$

$$\Delta H_{f(298)} \text{ NO} : 21,6 \text{ Kcal/gmol (Van Ness)}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{(298)} &= (2\Delta H_f \text{ HNO}_3 + \Delta H_f \text{ NO}) - (3\Delta H_f \text{ NO}_2 + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) \\
 &= (2.(-41,401) + 21,6) - (3.(8,041) - 68,317) \\
 &= -61,202 - (-44,194) \\
 &= -17,008 \text{ kkal/mol} \\
 &= -17008 \text{ kkal/kmol}
 \end{aligned}$$

NO₂ reaksi 1.66975 kmol (lihat perhitungan neraca masa)

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } \Delta H_{(298)} &= 1.66975 \text{ kmol} \times (-17008 \text{ kkal/kmol}) \\
 &= -28399.108 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaktan

| Komponen | Berat | Kmol | Cp dt | Q |
|----------|-------|------|-------|---|
|----------|-------|------|-------|---|

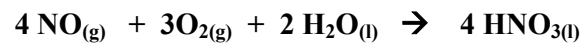
| | | | | |
|------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| NO ₂ | 76.8086032 | 1.66975224 | 165,2304058 | 275.8938402 |
| H ₂ O | 10.0185135 | 0.55658408 | 1393,638846 | 775.6771951 |
| | | | | 1051.571035 |

Produk

| Komponen | Berat (Kg) | Kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| NO | 16.6975224 | 0.55658408 | 134,8578941 | 75.05975693 |
| HNO ₃ | 70.1295942 | 1.11316816 | 2056,569335 | 2289.307503 |
| | | | | 2364.367259 |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaksi}} &= \Delta H_{(298)} + \sum \text{cpdt produk} - \sum \text{cpdt reaktan} \\
 &= -28399.108 \text{ kkal} + 2364.367259 - [1051.571035] \\
 &= -27086,31178 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

reaksi 2 ;



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{(298)} &= (4\Delta H_f \text{ HNO}_3) - (4\Delta H_f \text{ NO} + 3\Delta H_f \text{ O}_2 + 2\Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) \\
 &= (4 \cdot (-41,401)) - (4(21,6) + 3 \cdot (0) + 2(-68,317)) \\
 &= (-165,604) - (86,4 + 0 + (-136,634)) \\
 &= -115,370 \text{ kkal /mol} = -115370 \text{ kkal / kmol}
 \end{aligned}$$

NO reaksi 0,5009 kmol

$$\begin{aligned}
 \text{Maka panas reaksi} &= 0,5009 \text{ kmol} \times -115370 \text{ kkal/kmol} \\
 &= -57788.833 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaktan

| Komponen | Berat (kg) | Kmol | Cp dT | Q |
|------------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| NO | 15.02777018 | 0.50092567 | 134,8578941 | 67.55031917 |
| O ₂ | 12.0222161 | 0.37569 | 161,1312193 | 60.53538779 |
| H ₂ O | 4.50833106 | 0.2504 | 1393,638846 | 348.9671671 |
| | | | | 477.0528741 |

Produk

| Komponen | Berat (kg) | Kmol | Cp dT | Q |
|------------------|------------|--------|-------------|------------|
| HNO ₃ | 31.5583174 | 0.5009 | 2056,569335 | 1030.13558 |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaksi}} &= \Delta H_{(298)} + \sum \text{cpdt produk} - \sum \text{cpdt reaktan} \\
 &= -57788.833 + 1030.13558 - 477.0528741 \\
 &= -57235.75029 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka jumlah panas reaksi} &= -27086,31178 \text{ Kkal} - 57235.75029 \text{ kkal} \\
 &= -84322,06207 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Panas masuk

$$\begin{aligned}
 - \text{ Uap dari separator} &= 153793.7923 \\
 - \text{ Absorben (H}_2\text{O)} &= 93.97322 \\
 - \text{ Panas reaksi} &= \underline{84322,06207} + \\
 &238209,8276 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

Panas Keluar

$$\begin{aligned}
 - \text{ Uap keluar} &= 2448.58026 \\
 - \text{ Cairan Hasil} &= \underline{249121.9976} + \\
 &251570,578 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Panas di Absorber} &= 251570,578 \text{ Kkal} - 238209,8276 \text{ kkal} \\
 &= 13360,75027 \text{ Kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas selengkapnya

| Panas Masuk | | Panas keluar | |
|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Komponen | Q (kkal) | Komponen | Q (kkal) |
| Uap masuk | 153793,7923 | Uap | 2448,58026 |
| Absorben | 93,97322 | Cair | 249121,9976 |
| reaksi | 84322,06207 | | |
| beban panas | 13360,75027 | | |
| | 251570,578 | | 251570,578 |

